

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **03-142883**

(43)Date of publication of application : **18.06.1991**

(51)Int.Cl.

**H01L 29/46**

**H01L 21/3205**

**H01L 21/90**

(21)Application number : **01-281315**

(71)Applicant : **FUJITSU LTD**

(22)Date of filing : **27.10.1989**

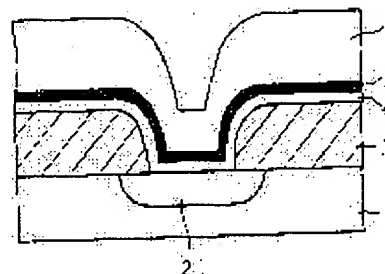
(72)Inventor : **YAGI HARUYOSHI**

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To prevent the grain boundary diffusion of a barrier layer under heat treatment and maintain a favorable contact between a substrate and aluminum interconnection by providing a non-crystal film, which inhibits mutual diffusion and has conductivity performance, between a semiconductor substrate and a conductive layer.

**CONSTITUTION:** An insulation film 3 of  $\text{SiO}_2$  is formed on a silicon substrate 1 by a CVD process and a contact region is removed by etching. After a natural oxidation film inside a contact hole is removed by hydrofluoric acid or the like, a first conductive layer 4 or a titanium layer is formed in a processing chamber equipped with titanium target for a sputtering device having a plurality of sputtering processing chambers in order to lower the contact resistance. In succession with the formation, reactive sputtering process is carried out in a processing chamber equipped with Ta-10wt.% Ti alloy target so as to grow a Ta-Ti-N amorphous alloy film so that its thickness may be thinner than the prior art barrier layer 5. Then, aluminum is formed as a second conductive layer 6 in a processing chamber equipped with Al target. Then, a specified interconnection pattern is processed by eliminating the conductivity layer 4, the non-crystal film 7, and the conductivity layer 6.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-142883

⑤Int. Cl.<sup>5</sup>H 01 L 29/46  
21/3205  
21/90

識別記号

R

庁内整理番号

7738-5F

⑬公開 平成3年(1991)6月18日

B

6810-5F  
6810-5F

H 01 L 21/88

M

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全6頁)

⑭発明の名称 半導体装置及びその製造方法

⑯特 願 平1-281315

⑰出 願 平1(1989)10月27日

⑱発 明 者 八 木 春 良 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲出 願 人 富 士 通 株 式 会 社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳代 理 人 弁 理 士 井 桁 貞 一 外 2 名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

半導体装置及びその製造方法

## 2. 特許請求の範囲

1. 半導体基板と電気的に接続する導電層を備えた半導体装置において、該半導体基板と該導電層との間に該半導体基板と該導電層の相互拡散を抑えかつ導電性を有する非晶質膜を具備してなることを特徴とする半導体装置。

2. 前記非晶質膜が窒素を含んだ非晶質合金膜であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

3. 半導体基板と電気的に接続する導電層を備えた半導体装置において、半導体基板上に該半導体基板と該導電層間の相互拡散を抑えかつ導電性を有する非晶質膜を形成する工程と、該非晶質膜上に該導電層を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## (概要)

半導体集積回路装置において半導体基板とコンタクトを有するアルミニウム配線を形成する際、シリコンとアルミニウムの反応を防止するためのバリアー層の形成方法に関し、バリアー層の粒界拡散を防止することにより基板とアルミニウム配線とのコンタクトを良好に維持する半導体装置の製造方法を提供することを目的とし、半導体基板と電気的に接続する導電層を備えた半導体装置において、該半導体基板と該導電層との間に該半導体基板と該導電層の相互拡散を抑えかつ導電性を有する非晶質膜を具備してなることを特徴とするように構成するか、または前記非晶質膜が窒素を含んだ非晶質合金膜であることを特徴とするように構成するか、または半導体基板と電気的に接続する導電層を備えた半導体装置において半導体基板上に該半導体基板と該導電層間の相互拡散を抑えかつ導電性を有する非晶質膜を形成する工程と該非晶質膜上に該導電層を形成する工程とを含む

ように構成する。

#### (産業上の利用分野)

本発明は、半導体集積回路装置において半導体(シリコン)基板とコンタクトを有するアルミニウム配線を形成する際、シリコンとアルミニウムの反応を防止するためのバリアー層を有する半導体装置及びその製造方法に関する。

近年の半導体装置の高集積化の要求に伴い、半導体(例えばシリコン)基板に形成される接合の深さは著しく浅くなっている。これに伴って基板とコンタクトを有するアルミニウム配線中のアルミニウムが拡散層(ソース或いはドレイン)を突き抜け接合の短絡やリーク電流の増大を招くのでこれを防止するためにアルミニウム中に予めシリコン(Si)を含んだAl-Si配線が広く用いられている。しかしながら、このAl-Si配線は熱処理後にアルミニウム中のシリコンがコンタクトホール内の基板シリコン上に析出しコンタクト抵抗をあげてしまう。近年、半導体装置の高集積化によってコンタクト面積も縮小化し、それに

伴ってコンタクト抵抗も上がっているのも、さらにコンタクト抵抗を上げてしまうこの方法は微細コンタクトを有する半導体装置には適さない。そこで、近年はアルミニウムのシリコン基板への突き抜けを防止するために基板とアルミニウムを含む電極・配線層との間にバリアー層を付ける方法がとられている。

#### (従来の技術)

このバリアー層としては、スパッタ法で形成されるチタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)タングステン(W)、タンタル(Ta)、チタン-タングステン(Ti-W)合金等の高融点金属及びその窒化物が用いられている。第2図を用いてこのバリアー層の形成方法を説明する。第2図は従来技術による半導体集積回路装置の要部断面図である。まず、シリコン基板1上にCVD(Chemical Vapour Deposition)法を用いて厚さ0.6~1.0 $\mu$ m程度の絶縁膜3、例えばシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)を形成し

コンタクト領域となるべき部分を除去し、基板1を表出させる。そして、イオン注入法を用いて不純物拡散領域2を形成した後、コンタクト抵抗を下げるため第1の導電層4、例えばチタン膜を厚さ200~500 $\text{\AA}$ スパッタリング法を用いて形成する。その上に、スパッタリング法を用いて厚さ1000~2000 $\text{\AA}$ のバリアー層5を形成する。バリアー層5の材料としては、上に述べたような高融点金属及びその窒化物が使われる。一般的に純金属よりその窒化物の方がアルミニウムとシリコンとの反応を抑えるバリアー性という観点からは優れている。尚、窒化物の場合はアルゴン-窒素(Ar-N<sub>2</sub>)を用いた反応性スパッタリング法で形成するのが一般的である。最後にバリアー層の上にスパッタリング法を用いて厚さ1.0 $\mu$ m程度の第2の導電層6、例えばAl配線またはAl-Si配線を形成する。以上、説明したような製造方法を用いて従来は基板1と配線6のコンタクト領域を形成していた。

#### (発明が解決しようとする課題)

しかしながら、こうした高融点金属やその窒化物薄膜は膜の厚さ方向に平行な粒界をもつ柱状晶組織8を形成するため、熱処理中粒界を拡散路とした粒界拡散により第2図中、矢印で示すように配線6中のAlと基板1中Siとの反応が徐々に進行してしまう。従って、バリアー層5が本来のバリアー効果を発揮するためには1000~2000 $\text{\AA}$ の厚さが必要である。しかし、多層配線の平坦化が求められている現在、段差はなるべく低減する必要があるため、このような厚いバリアー層は適当ではない。従って、バリアー層を厚くしないで粒界拡散を防止する方法を考える必要がある。その一つは、バリアー層を形成後、酸素を含む雰囲気中で熱処理をすることにより粒界に酸化物を形成させ粒界をふさぐ方法であり、また反応性スパッタリング法でバリアー層を形成する際、酸素を混入させて粒界に酸化物を形成させ粒界をふさぐ方法である。しかし、これらの方法はバリアー層の抵抗率の上昇、アルミニウム配線バタ-

ン加工の際のドライエッチング工程でエッチングが充分にできずエッチング残が残る等の欠点があり好ましくない。

本発明は、上記問題点を解決し、従来より薄くても熱処理中のバリアー層の粒界拡散を防止できる薄膜を形成し、基板とアルミニウム配線とのコンタクトを良好に維持する半導体装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

#### (課題を解決するための手段)

本発明はバリアー層に非晶質(アモルファス)膜を用いることによって従来技術で生じていた結晶粒界からの粒界拡散を防止しAlとSiの反応を抑える。そして、半導体基板と電氣的に接続する導電層を備えた半導体装置において、該半導体基板と該導電層との間に該半導体基板と該導電層の相互拡散を抑えかつ導電性を有する非晶質膜を具備してなることを特徴とするように構成するか、または前記非晶質膜が窒素を含んだ非晶質合金膜であることを特徴とするように構成するか、また

3を形成し、コンタクト領域となるべき部分をエッチング除去する。次に、コンタクトホール内のシリコン基板上の自然酸化膜をフッ酸等で除去後、複数のスパッタ処理室を有するスパッタ装置を用いて以下の工程を連続的に行う。まず、チタンターゲットを装着した処理室において、コンタクト抵抗を下げるため第1の導電層4例えば厚さ200～500Åのチタン膜(タングステンやアルミニウムも可能)を形成する。続けて、Ta-10wt%Ti合金ターゲットを装着した処理室においてスパッタガスとしてAr-50%N<sub>2</sub>混合ガスを用いた反応性スパッタリング法を行い、非晶質膜7としてTa-Ti-Nアモルファス合金膜を従来のバリアー層5より薄く例えば500Å程度成長させる。この際スパッタ圧力は5mTorr、パワーは3kw、基板温度は250℃であった。最後に、Alターゲットが装着された処理室において厚さ例えば1μmのアルミニウムを第2の導電層6として形成した。尚、Ta-Ti-Nアモルファス合金膜は上面のアルミニウム配線と

は半導体基板と電氣的に接続する導電層を備えた半導体装置において半導体基板上に該半導体基板と該導電層間の相互拡散を抑えかつ導電性を有する非晶質膜を形成する工程と該非晶質膜上に該導電層を形成する工程とを含むように構成する。

#### (作用)

本発明ではバリアー層を非晶質膜で形成するため結晶粒界が存在しないので従来の粒界拡散によるAlとSiの反応を防止できる。従って、シリコン基板とアルミニウム配線とのコンタクトを良好に維持することが可能となる。

#### (実施例)

第1図を用いて本発明の一実施例を説明する。第1図は本発明による半導体集積回路装置の要部断面図である。図中、1はシリコン基板、2は不純物拡散領域、3は絶縁膜、4は第1の導電層、6は第2の導電層(配線)、7は非晶質膜である。まず、シリコン基板1上にCVD法を用いて厚さ例えば0.6～1.0μmのSiO<sub>2</sub>からなる絶縁膜も下面のチタン膜とも接合性、加工性がよい。最後に通常のフォトリソグラフィ技術と塩素を含むガスを用いたドライエッチング法によりチタン膜4、非晶質膜7、第2の導電層6をエッチング除去し所望の配線パターンに加工する。以上のような製造工程を経て本発明の半導体装置は完成する。尚、ここで非晶質膜7の材料としてTa-Ti-Nアモルファス合金膜を用いたのは理由がある。それは、このように窒素をふくんだアモルファス合金膜の方がニオブ-ニッケル(Nb-Ni)アモルファス合金膜やモリブデン-ニッケル(Mo-Ni)アモルファス合金膜等の窒素を含まないアモルファス合金膜よりも薄く形成できるからである。なぜならば、ニオブ-ニッケルアモルファス合金膜やモリブデン-ニッケルアモルファス合金膜は粒界拡散を起こすような結晶粒界が存在しなくとも合金自体アルミニウムとの反応性が高いため、バリアー層として用いるためには厚く形成する必要があるからである。これに比べて本実施例のように窒素を含んだアモルファス合金膜はア

ルミニウムとの反応性が低いので薄く形成できる。従って、窒素を含めたアモルファス合金膜の方が多層配線に通しているといえる。

また、もう一点本実施例のような窒素を含んだアモルファス合金膜がニオブ-ニッケルアモルファス合金膜やモリブデン-ニッケルアモルファス合金膜に比べて優れている点は、工程最後に行うアモルファス配線パターン形成の際、エッチング除去し易いという点である。なぜならば、ニオブ、モリブデン、ニッケル等の塩化物の蒸気圧が低いためアルミニウム配線パターン形成時に使用する塩素を含んだガスを用いるドライエッチングではエッチング除去が困難であるからである。その点本実施例のようなアモルファス合金膜は塩素を含んだガスを用いるドライエッチングをし易いという利点があるので、アルミニウムのドライエッチングプロセスとも両立しうる。また、本実施例のアモルファス合金膜はニオブ-ニッケルアモルファス合金膜やモリブデン-ニッケルアモルファス合金膜に比べてスパッタリングを行う際、薄膜成

長させやすいという利点ももっている。尚、本実施例のTa-Ti-Nアモルファス合金膜では、窒素の量が30%以上の時に完全なアモルファス合金膜となり、粒界拡散防止に大きな効果を有する。以下にその根拠を示す。

(1) 30%以上の窒素を含むアモルファス合金膜と30%未満の窒素を含むアモルファス合金膜を比較した場合、窒素が30%以下の膜をX線回折法、電子線回折法で分析すると、回折ピークが存在し結晶性のTaが認められたのに対して、窒素が30%以上の膜を同じ方法で分析すると、回折ピークは存在せず完全に非晶質になっていることが確認できた。

このことを第3図(a)～(d)を用いて説明する。第3図(a)～(d)はX線回折の結果を示すチャート図である。(a)はTa-N、(b)はTa、(c)は窒素(N<sub>2</sub>)を50%含んだTa-Ti-Nアモルファス合金膜、(d)は窒素(N<sub>2</sub>)を25%含んだTa-Ti-Nアモルファス合金膜をそれぞれ示すチャートである。この

チャートで横軸は格子面間隔d(Å)、縦軸は回折の強さ(Intensity)を表している。

(c)図をみてもわかるとおり窒素を30%以上含んだ本発明のアモルファス合金膜では回折ピークが認められない。従って、完全に非晶質膜が形成されたと考えられる。以上のように窒素を30%以上含むときTa-Ti-Nアモルファス合金膜は完全な非晶質膜となり粒界拡散を防止する効果が顕著である。

(2) 2つのシリコン基板上にバリアー層として、それぞれ窒素30%未満の膜と窒素30%以上の膜を500Å程度形成し、続けてその上にそれぞれアルミニウム層を1μm形成する。そして、550℃で30分熱処理後アルミニウム層とバリアー層を除去し、コンタクト領域の表出したシリコン基板1の表面を観察すると窒素30%未満で形成した場合はシリコン基板とアルミニウム層との合金化に起因するアロイビットが存在したのに対して窒素30%以上で形成した場合はアロイビットは存在しなかった。従って、窒素30%以上含ん

だアモルファス合金膜の方が、よりバリアー性が高いことがわかった。従って、前記(1)で述べた窒素30%以上含むとき完全なアモルファスになることと考え合わせると窒素30%以上含むアモルファス合金膜は完全な非晶質膜となるためバリアー効果が高いことが証明された。そして、550℃、30分熱処理後、窒素30%未満の膜ではアロイビットに起因する接合部リーク電流が増加し、コンタクト抵抗も増加したのに対して、窒素30%以上の膜では熱処理後も接合部リーク電流の増加、コンタクト抵抗の増加も認められなかったこともこのことを裏付けている。以上の理由により本実施例のTa-Ti-Nアモルファス合金膜は窒素が30%以上含まれている場合に完全な非晶質膜となり粒界拡散防止に大きな効果が認められることがわかった。このように本実施例によれば従来に比べて薄い500Å程度の厚さでも550℃の熱処理に対して粒界拡散を防止できる薄いバリアー層の形成が可能になる。

尚、本実施例では非晶質膜7にTa-Ti-N

アモルファス合金膜を用いたが、これに他の元素を付け加えた非晶質膜でもよい。また、非晶質膜はこれに限定されず他のアモルファス合金膜を用いてもよい。例えば、Zr (ジルコニウム) - Ti - N等が掲げられる。但し、その場合、本実施例のように塩素でエッチング可能な遷移金属と窒素を含んだ材料がよい。なぜならば、窒素を含めれば先に述べたようにアルミニウムとの反応を抑えられるし、アルミニウムのドライエッチングプロセスとも両立しうるからである。また、窒素を入れることにより遷移金属とアモルファスを形成し易いからである。しかし、一つの遷移金属と窒素、例えばTiN等は窒化物になってしまい組成の制御が難しくアモルファスを形成しにくい。従って、遷移金属を複数にしTa - Ti - Nのように3元系にすることによりアモルファスが比較的容易にでき、アルミニウムのドライエッチングプロセスとも両立し、かつ従来よりも薄いバリアー層を形成できる。

8 : 柱状晶組織

代理人 弁護士 井 祐 貞



#### (発明の効果)

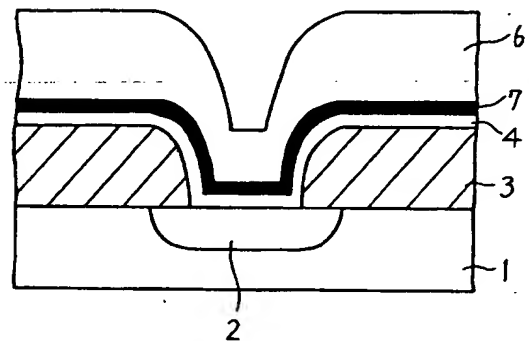
以上、説明したように本発明によれば従来より薄くバリアー層を形成しても接合部リーク電流の増加及びコンタクト抵抗の増加を防止できるのでLSI多層配線の歩留り向上とその信頼性の向上に寄与するところが多い。

#### (図面の簡単な説明)

第1図は、本発明による半導体集積回路装置の要部断面図、第2図は従来技術による半導体集積回路装置の要部断面図、第3図はX線回折法の結果を示すチャート図である。

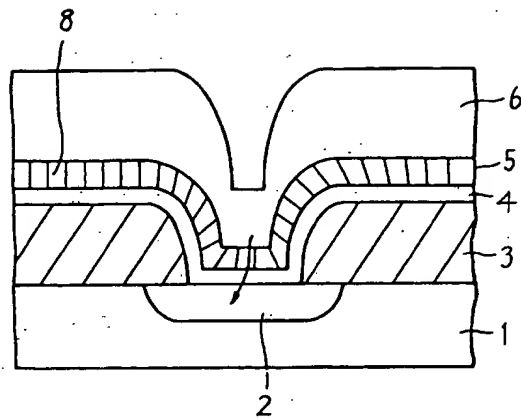
図中、

- 1 : 半導体基板
- 2 : 不純物拡散領域
- 3 : 絶縁膜
- 4 : 第1の導電層
- 5 : バリアー層
- 6 : 第2の導電層 (配線)
- 7 : 非晶質膜



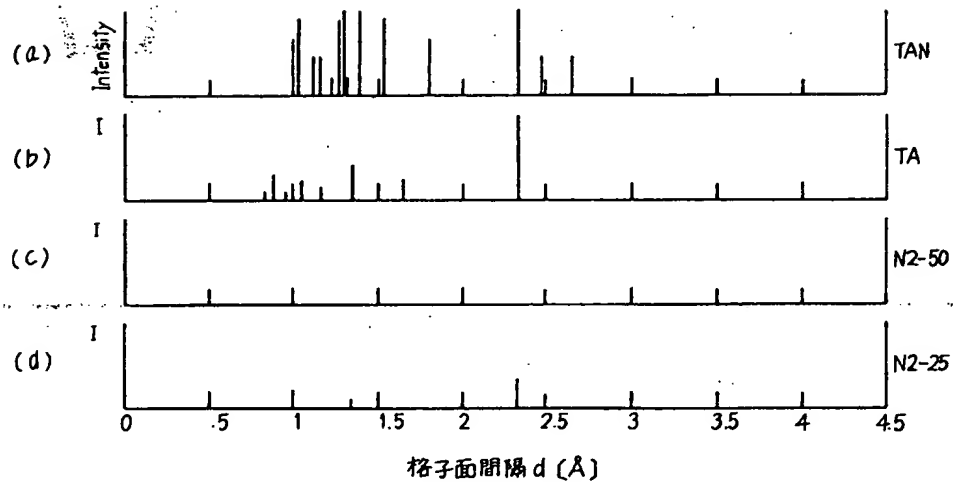
本発明による半導体集積回路装置の要部断面図

第 1 図



従来技術による半導体集積回路装置の要部断面図

第 2 図



X線回折の結果を示すチャート図

第 3 図